



Aprendizaje autorregulado y colaborativo empleando modelos analógicos en sistema digestivo. Artículo de Jorge Luis Olivares; Fanny Arrese, Marina Villarreal e Ivana Álvarez. Praxis educativa, Vol. 25, No 2 mayo – agosto 2021. E - ISSN 2313-934X. pp. 1-19.  
<https://dx.doi.org/10.19137/praxiseducativa-2021-250211>

Esta obra se publica bajo Licencia Creative Commons 4.0 Internacional  
CC BY- NC- SA Atribución, No Comercial, Compartir igual



## Aprendizaje autorregulado y colaborativo empleando modelos analógicos en sistema digestivo

Self-regulated and collaborative learning using analog models in digestive system

Aprendizagem auto-regulada e colaborativa usando modelos analógicos no sistema digestivo

---

### Jorge Luis Olivares

Universidad Nacional de La Pampa  
[jorgeluis57.olivares@gmail.com](mailto:jorgeluis57.olivares@gmail.com)  
ORCID [0000-0002-2010-4048](https://orcid.org/0000-0002-2010-4048)

### Fany Arrese

Universidad Nacional de La Pampa, Argentina.  
[fanyarrese@gmail.com](mailto:fanyarrese@gmail.com)  
ORCID [0000-0003-4481-683X](https://orcid.org/0000-0003-4481-683X)

### Marina Villarreal

Universidad Nacional de La Pampa, Argentina  
[marvillarreal@cpenet.com.ar](mailto:marvillarreal@cpenet.com.ar)  
ORCID [0000-0003-4934-8481](https://orcid.org/0000-0003-4934-8481)

### Ivana Álvarez

Ministerio de Educación de la provincia de La Pampa  
[ivana.p.alvarez@gmail.com](mailto:ivana.p.alvarez@gmail.com)  
ORCID [0000-0001-7724-6584](https://orcid.org/0000-0001-7724-6584)

**Recibido:** 2020-12-03 | **Revisado:** 2021-03-03 | **Aceptado:** 2021-04-26

## Resumen

El artículo propone evaluar aprendizaje autorregulado y colaborativo sobre Sistema Digestivo (SD) y homeostasis del Medio Interno (MI) empleando modelos analógicos en proceso en 56 estudiantes del Profesorado en Ciencia Biológicas. El estudiantado construyó modelos analógicos reflejando ideas previas y aprendidas sobre estructura-función de órganos del SD (conducción, secreción, digestión) e integración de moléculas al MI. El 66% describieron conocimientos adecuados sobre estructura- función y continuidad de órganos; 91% secreción de glándulas anexas; 89% de digestión y 64% de absorción y transporte de moléculas del SD al MI. Mediante esquemas en proceso, 100 % de estudiantes interpretó componentes químicos en el MI, y 89 % clasificó los tipos de deshidratación, reflexionando sobre posibles soluciones. En el caso problema, 76,5% indicó, en esquema inicial, ideas previas erróneas sobre MI, corrigiendo el 88% mediante aprendizaje autorregulado y colaborativo.

**Palabras clave:** autoaprendizaje regulado; mtacognición; estrategias de aprendizaje; aprendizaje basado en modelización; sistema digestivo.

## Abstract

This article aims at evaluating self-regulated and collaborative learning on the digestive system (DS) and homeostasis of the internal environment (IE) using analog models in process in 56 students of the Biological Science Faculty. The students built analogue models reflecting previous and learned ideas about structure-function of DS organs (conduction, secretion, digestion) and integration of molecules to IE. 66% described adequate knowledge about structure-function and continuity of organs; 91% secretion of adnexal glands; 89% digestion and 64% absorption and transport of molecules from DS to IE. Through schemes in process, 100% of students interpreted chemical components in the IE, and 89% classified the types of dehydration, reflecting on possible solutions. In the problem case, 76.5% indicated erroneous previous ideas about IE in the initial scheme, correcting 88% through self-regulated and collaborative learning

**Keywords:** Regulated self-learning; Metacognition; learning strategies; Modeling-based learning; Digestive system

## Resumo

Este trabalho propõe avaliar a aprendizagem autorregulada e colaborativa no sistema digestivo (SD) e a homeostase do ambiente interno (IM) usando modelos analógicos em processo em 56 alunos da Faculdade de Ciências Biológicas. O grupo de alunos construiu modelos analógicos que refletem ideias anteriores e aprendidas sobre a função estrutura dos órgãos SD (condução, secreção, digestão) e integração de moléculas ao IM. 66% descreveram conhecimentos adequados sobre a estrutura-função e continuidade dos órgãos; 91% de secreção de glândulas anexas; 89% de digestão e 64% de absorção e transporte de moléculas de SD para IM. Por meio de esquemas em processo, 100% dos alunos interpretaram os componentes químicos do IM e 89% classificou os tipos de desidratação, refletindo sobre as possíveis soluções. No caso do problema, 76,5% indicaram ideias anteriores errôneas sobre MI no esquema inicial, corrigindo 88% por meio da aprendizagem autorregulada e colaborativa.

**Palavras-chave:** autoaprendizagem regulada; metacognição; estratégias de aprendizagem; aprendizagem baseada em modelização; sistema digestivo.

## Introducción

En la formación universitaria de profesores en Ciencias Biológicas, la enseñanza de la Unidad Sistema Digestivo (SD) conlleva, a partir del rastreo de ideas previas, no solo a conocer los conceptos anatomofisiológicos que las y los estudiantes recuerdan de su formación en el nivel secundario o universitario, sino a través de una enseñanza crítica a guiarlos para identificar los conocimientos erróneos y modificarlos a través del autoaprendizaje regulado aplicado a la vida (Anijovich y Cappelletti, 2017; Kolb, 2001; Daura, 2017). El conocimiento de ideas previas del estudiantado deja en evidencia la historia escolar en su formación, su desconocimiento puede ser una barrera para la adquisición de aprendizajes significativos (Olivares y Morales, 2013).

Trabajos pioneros de Banet y Núñez (1988) identificaron, a partir de modelos, los errores conceptuales más frecuentes que las y los alumnos tienen en relación con la estructura y función del SD, como son el recorrido boca-estómago, el orden de los intestinos y las conexiones del hígado y páncreas con el tubo digestivo (TD), concluyendo que los errores identificados dificultan el aprendizaje del proceso de digestión. Estas nociones previas constituyen esquemas complejos fuertemente arraigados, que resultan un obstáculo epistemológico en la enseñanza y para el aprendizaje, que hay que poner al descubierto para modificarlas. Esto es posible a partir de la comunicación empática entre docentes y estudiantes, en donde la escucha, la expresión de emociones, identificación de previas erróneas y planificación de experiencias que favorezcan mediante la argumentación científica correcta de los fenómenos a estudiar (Banet y Núñez, 1988; Olivares, 2019).

Los modelos en ciencia tienen una relación directa con cierto fenómeno real, lo cual favorece que las y los estudiantes aprendan a pensar teóricamente sobre el mundo (Banet y Núñez, 1988; Oliva, 2019; Bahamonde y Gomez Galindo, 2016). Los modelos permiten articular la proposición de entidades abstractas, relaciones y propiedades, con el comportamiento o estructura de los fenómenos naturales (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001; Zohar, 2006). El término modelo se emplea en el lenguaje popular con diversos significados; a veces, como modelo, nos referimos a un objeto u evento del mundo real que es representado de alguna manera, por ejemplo, los casos problemas o aprendizajes basados en problemas (ABP). Otras veces, llamamos modelo a la representación simbólica (un cuadro, un esquema, una maqueta) que se hace a partir de una entidad real (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2009). Emplearemos la acepción de modelización como proceso en el cual se usan modelos para el aprendizaje (Oliva, 2019).

El aprendizaje basado en problemas reales es uno de los modelos que facilitan un espacio de diálogo pedagógico en donde intervienen estudiantes, profesores y los contenidos. En esta relación pedagógica, las emociones tienen un rol fundamental porque forman al estudiante para su futuro trabajo profesional (Olivares et al., 2019).

Las representaciones simbólicas del modelo de sistema digestivo que trae el estudiantado permiten analizar posibles obstáculos epistemológicos y generar, a partir de la instrucción una mejora en los niveles de aprendizajes (Oliva, 2019). Estos objetivos tienen como fin pedagógico que el estudiantado construya significativamente la relación que existe entre estructura y función, en el

Sistema Digestivo, en la homeostasis del medio interno. Es decir, cada componente anatómico aporta una función organizada a todo el sistema. Las funciones se relacionan en forma integrada con los saberes de distintas disciplinas y, mediante modelos vivos, permite conocer cómo es el equilibrio de iones en el medio interno (Banet y Núñez, 1988; Oliva, 2019; Bahamonde y Gomez Galindo, 2016; Arrese et al., 2020).

El objetivo de la enseñanza de la Unidad Sistema Digestivo es superar al aprendizaje memorístico de estructura y función de los órganos que lo componen. Con esta intención pedagógica, se enseña al estudiantado que, a partir de la construcción de modelos sobre el tubo digestivo (TD) y sus glándulas anexas, aplicados a situaciones problemas reales, lograrán un autoaprendizaje regulado. El objetivo del docente es facilitar que el estudiantado construya conocimientos, para lo cual el estudiante debe recurrir a un proceso metacognitivo personal (Roys Rubio y Pérez García, 2018; Vergara-Morales et al., 2019; Oliva, 2019).

Este trabajo pretende identificar el tipo de aprendizajes autorregulados que construyen las y los estudiantes universitarios en un proceso en el cual se brindan conocimientos de Sistema Digestivo en humanos (Hernández Pina et al., 2010; Daura, 2017). La propuesta es que, a partir de las ideas previas del estudiantado, se integren saberes de Biología, Física y Química, y que construyan el concepto de que la estructura y función del TD regula la homeostasis del MI mejorando sus competencias sobre la temática investigada (Kolb y Kolb, 2001; Hernández Pina et al., 2010).

Partimos de la idea de que la evaluación es un dispositivo que facilitará conocer el proceso de aprendizaje autorregulado que sigue el estudiantado, pero también una posibilidad de evaluar el proceso enseñanza que sigue a la tarea docente (Furman et al., 2012; Daura, 2017; Hernández Pina et al., 2010). En este enfoque constructivista, el y la docente acompaña al estudiante a ser pensadores activos o a aprender a pensar y, de esta manera, desarrollar conocimientos críticos y científicos de orden superior (Zohar, 2006). La convicción pedagógica es que la evaluación sea formativa y con situaciones reales que incluyan las disciplinas de la Biología, Química y Física (García-Prieto et al., 2019).

## **Método**

Investigación en la que se analizaron evaluaciones finales de 56 estudiantes del Profesorado en Ciencia Biológicas durante tres años. Se desarrolla a partir de la tarea de docencia y aprendizaje realizada en la asignatura Cuerpo Humano II de la Carrera de Profesorado en Ciencia Biológicas (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de La Pampa). En la propuesta, se emplearon modelos didácticos analógicos para la enseñanza y el aprendizaje (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001; Oliva, 2019). Se considera la acepción de modelos como instrumentos para el aprendizaje, y la de modelización como una estrategia en la progresión de los modelos en el desarrollo del aprendizaje (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001; Oliva, 2019).

Presentaremos las tres consignas que nos propusimos analizar en el proyecto de investigación que dió lugar a la producción de este artículo. En la primera, se analizan los

conocimientos adquiridos por el y la estudiante mediante la construcción de un cuadro, la cual se repitió en los tres años de estudio (2017-2019); en la segunda, la incorporación de conocimientos y reflexión metacognitiva a partir de un caso problema de la vida real (año 2018) y finalmente, en la tercera consigna, en el año 2019, propusimos a las y los estudiantes una mayor exigencia cognitiva a partir de obstáculos epistemológicos y de participación crítica, donde debía mostrar su proceso de autorregulación y, con su grupo de pares, de aprendizajes a partir del planteo de un caso problema de la vida real en un anciano.

### **Consigna solicitada en los años 2017, 2018 y 2019 para conocer las ideas previas de los y las estudiantes**

Se le solicitó al estudiantado que construya un cuadro en donde indique los conocimientos adquiridos sobre estructura y función de los órganos que constituyen el sistema digestivo. A partir del cuadro, se evaluaron: a) las estructuras (órganos) que componen el TD y el orden de continuidad, y las Glándulas Anexas del sistema digestivo. En el cuadro, el estudiantado debía mencionar las siguientes estructuras del TD: boca, faringe, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso, recto y ano; y glándulas anexas: glándulas salivares, hígado, vías biliares y páncreas. Solo puede variar en el orden de la descripción las Glándulas Anexas; b) el proceso de interacción de sustancias que se logra a partir de la secreción de las distintas células de órganos del TD; c) el proceso de digestión en el cual se espera observar el empleo de conocimientos de Biología, Química y Física; y d) la absorción de sustancias en el TD y la integración de las mismas al medio interno para mantener la homeostasis, que se logra a través del transporte del Sistema cardiovascular y su relación con el Respiratorio, Urinario, Endócrino y Nervioso.

Para analizar las respuestas planteadas a la Consigna 1 acerca de las ideas construidas por las y los estudiantes sobre los componentes y la continuidad de los órganos del TD y su respectiva función, se elaboró una rúbrica (Anijovich y Cappelletti, 2017), en la cual se adaptaron las cuatro ideas claves propuestas por autores (Banet y Nuñez, 1988; Bahamonde y Gomez Galindo, 2016). Las cuatro ideas evaluadas descriptas en la Tabla 1 son: 1) la descripción anatómica y la continuidad de los órganos que componen el TD; 2) las funciones de interacción o secreción de sustancias de los órganos del TD y las glándulas anexas; 3) la transformación físico-química o proceso de digestión y 4) la integración o pasaje de sustancias a los componentes estructurales del medio interno y el transporte de las sustancias a los respectivos sistemas. La rúbrica es considerada de utilidad tanto en la orientación y seguimiento, como en la evaluación del trabajo del alumnado en el ámbito de la educación superior. Las respuestas en el aprendizaje fueron clasificadas en la rubrica en avanzado, médio e insuficiente.

**Tabla 1**

Aprendizajes autoconstruidos sobre estructura y función del tubo digestivo (TD) y su relación con el medio interno (MI)

<b>Unidad de análisis</b>	<b>Avanzado</b>	<b>Medio</b>	<b>Insuficiente</b>
Continuidad de órganos del TD: menciona las estructuras que lo componen y los describe desde su inicio en la boca y su finalización en el ano.	Menciona todos los órganos y los describe con correcta continuidad.	Menciona todos los órganos con error en la continuidad	Menciona algunos órganos; confunde órganos de otros sistemas y/o tiene errores en la continuidad
Interacción de las diferentes secreciones en órganos del TD	Describe qué y cómo secretan la vesícula biliar, estómago, páncreas e intestino delgado sustancias en la segunda porción del duodeno	Describe qué secretan la vesícula biliar, estómago, páncreas e intestino delgado sustancias en la segunda porción del duodeno aunque no indica cómo.	Describe que la vesícula biliar, estómago, páncreas e intestino delgado secretan sustancias en la segunda porción del duodeno pero no indica qué y cómo.
Digestión: describe los órganos del TD que intervienen a partir de la transformación Química y Física.	Menciona que el estómago, intestino delgado y glándulas anexas intervienen en el proceso de digestión. Aporta conceptos de Biología, Química y Física	No menciona todas las estructuras que intervienen en el proceso de digestión. Aporta conceptos de Biología y otra disciplina.	Tiene errores conceptuales en el las estructuras que intervienen en el proceso de digestión. Solo aporta conceptos de Biología.
Menciona que las sustancias o elementos químicos que provienen del proceso de digestión son absorbidas y luego transportadas hacia el MI y distribuidas por el Sistema CVC a los demás sistemas.	Menciona sustancias que secretan en el TD y que, posterior a la digestión, se absorben y transportan al MI. Puede explicitar o no que el SD se relaciona a través del Sistema CVC con el Urinario, Respiratorio, Endocrino y Nervioso.	Menciona las sustancias que provienen de la digestión, pero no explica bien el mecanismo de como interaccionan con el MI.	Menciona algunas sustancias, no explica el mecanismo de cómo interaccionan con el MI y lo hace con errores.

### ***Consigna desarrollada en el año 2018***

La estrategia didáctica fue trabajar con la progresión de modelos que mostraran, la relación en forma procesual de los conocimientos previos de las y los estudiantes hasta los postinstruccionales de la asignatura en la enseñanza de las ciencias (Oliva, 2019). A partir de un caso problema, el estudiantado, mediante esquemas, debía indicar cómo se modifican las biomoléculas y el agua en el MI. La situación problema es un modelo en el cual el estudiantado tiene que analizar contenidos a partir de sus conocimientos previos y los brindados en la asignatura. Posteriormente al trabajo individual, se analizó y discutió en grupos sobre otras situaciones problemas. Todas estas instancias fueron planificadas previas a la evaluación del estudiantado.

Se indicó a los nueve estudiantes que cursan la asignatura que a partir de un problema real, debían integrar conocimientos de SD y MI (Zohar, 2006). En la evaluación, se les brindó la siguiente consigna: ingresa a la guardia del hospital, en el mes de diciembre, un niño de siete meses de edad por presentar diarrea (aumento del número de deposiciones de materia fecal con consistencia líquida) y que, con el transcurrir de las horas, el niño empieza a dormirse y cuesta despertarlo, lo cual alarma a los padres y concurre a la consulta. Se plantea a cada estudiante que, a partir de esta situación problema, a) dibuje los componentes anatómicos que integran el medio interno; b) que realice un esquema en donde indique cuáles son los iones y biomoléculas que él considera que deben predominar en el medio interno en estado normal; c) que realice otro esquema en donde indique cómo se encontrarán las biomoléculas en el MI del niño con diarrea; d) que efectúe una reflexión acerca del estado de hidratación del niño y en caso de considerar que está deshidratado clasifique, a partir de analizar los componentes químicos del MI, si la deshidratación es isotónica, hipotónica o hipertónica. El caso problema plantea un obstáculo epistemológico que exige al estudiantado el empleo de conocimientos de nivel superior porque debe emplearlos para analizar y explicar por qué el niño se empieza a dormir. Los y las estudiantes deben llegar a reflexionar y transferir con sus conocimientos que la causa es que la deshidratación afecta la circulación general del niño con compromiso del MI del encéfalo por la falta de agua y glucosa, entre otros, que si no es atendido con la reposición de líquidos (agua y iones como sodio) puede continuar afectando al medio intracelular y, por ello, avanzar hacia una pérdida del conocimiento.

El objetivo de esta propuesta era determinar, a través de un esquema, si el estudiantado interpreta y logra transmitir la idea de que las sustancias que se absorben en las células del tubo digestivo pasan al intersticio celular y, posteriormente, por vía sanguínea, se distribuye a las células de todos los órganos. Se pone en valor el aprendizaje autorregulado y compartido sobre la función del agua y biomoléculas en el medio interno. El paso siguiente y de mayor exigencia es interpretar el compromiso del agua y las demás biomoléculas como componentes fundamentales para el funcionamiento de la neurona como son la glucosa, Mg, K, etc.

### ***Consigna presentada en el año 2019***

Se les propone a los y las estudiantes analizar la situación problema de un anciano con gastroenterocolitis (proceso en el cual hay una afección del estómago e intestino delgado generada por diversas causas como virus, bacterias o tóxicos) que provoca una alteración de las funciones de motilidad, digestión, reabsorción e interacción del TD, que repercute sobre el MI de esa persona. Al caso se lo complejiza porque se le indica al estudiantado que a ese paciente deshidratado se le debe aportar agua, cloruro de sodio y glucosa por vía intravenosa para volver a recuperar la homeostasis del MI. Esta situación problema demanda del estudiante conocimientos de las estructuras y diversas biomoléculas que componen el MI en estado de salud y qué cambios se produce cuando se enferma el paciente. El objetivo es proponer al estudiantado que recurra a conocimientos de nivel superior, le genere conflicto con conocimientos previos adquiridos así como demostrar la consolidación del tema porque lo pone en contradicción conceptual entre medio intracelular y extracelular o MI, debido a que el interior de la célula también se afecta. Este proceso es una de las fases esperadas de un aprendizaje autorregulado crítico para construir un estudiante comprometido con problemas reales de la comunidad (Kolb y Kolb, 2001).

Se le solicita al estudiantado que describa los acontecimientos del caso problema a partir de la realización de tres esquemas: a) en el esquema inicial, debe describir el estado del MI del anciano con deshidratación; b) en el segundo esquema, debe describir cuál es el estado normal del MI interno de una persona mayor por los riesgos de la deshidratación; y c), en el tercer esquema, debe dejar en evidencia su pensamiento crítico al demostrar cómo el MI del anciano vuelve a la homeostasis a partir de la administración de suero por vía intravenosa. Los tres esquemas permiten evaluar el proceso de autorregulación del aprendizaje, complementando el estudiante el aspecto cognitivo con la metacognición que sigue con sus saberes.

#### **1.1.1 Resultados**

##### **Año 2017 al 2019. La construcción de un cuadro**

Se ve, en la Tabla 2, que la mayoría de las y los estudiantes obtiene una calificación entre el 64 y 91 % de muy bien en las cuatro ideas analizadas. Indican los órganos que constituyen el TD describiéndolo como un tubo continuo, explicando las funciones de estos y conexiones entre ellos. Las/los estudiantes que tuvieron una respuesta insuficiente se debió a que, en su mayoría, no indicaron la faringe como componente del TD. El mayor porcentaje de estudiantes que obtuvo calificación "muy bien" fue respecto a conocimientos de la secreción de las células del TD y de las glándulas anexas y cómo interactúan, y respecto a describir que las transformaciones de los alimentos en el TD son debidas a cambios físicos y químicos. El 64% del estudiantado interpreta adecuadamente que al proceso de digestión le continúa el de absorción de agua y biomoléculas en las células del TD, que volcadas en el intersticio y posteriormente por vasos sanguíneos y linfáticos,



son transportadas a las células de todo el organismo, poniendo en evidencia que poseen conceptos de relación entre las células del TD y Sistemas como el Cardiovascular, Urinario y otros componentes del MI.

**Tabla 2**

Ideas analizadas por los y las estudiantes sobre continuidad de estructuras y función del tubo digestivo (TD) y su relación con el medio interno (MI)

Calificación	Estructuras y Continuidad del TD		Secreción de células en TD		Digestión		Absorción y transporte por el MI	
	n	%	n	%	n	%	n	%
<b>Muy bien</b>	37	66	51	91	50	89	36	64
<b>Regular</b>	3	5	4	7	5	9	19	34
<b>Insuficiente</b>	16	29	1	2	1	2	1	2
<b>Subtotal</b>	56	100	56	100	56	100	56	100

En el trayecto de formación, el estudiantado trabajó en forma individual y grupal conocimientos previos sobre estructuras y función del sistema digestivo y su relación con el medio interno para la aplicación de aprendizajes en situaciones reales. Al finalizar la unidad, se evaluó a partir del planteo de una situación problema que era un disparador y sobre la cual debían aplicar los conocimientos adquiridos en el trayecto de formación. El objetivo era que el estudiantado indicara cómo había sido su aprendizaje y que pudiera demostrar que este proceso de autoaprendizaje era relevante, porque debía aplicar en forma crítica los conocimientos aprendidos, pero también reflexionar sobre los aciertos y errores que tenía previamente de su formación académica. La evaluación consistía en que el y la estudiante construya un Cuadro donde describa correlativamente las estructuras del Sistema Digestivo con su respectiva función. Debía tener en cuenta la enseñanza de la unidad entre sus objetivos explícitamente comunicados y posteriormente enseñada con los aportes de disciplinas como Biología, Química y Física.

En la Tabla 3, se observa que todos el estudiantado evaluado indican adecuadamente los componentes del medio interno, en un 67 % logran explicar que el intersticio y los vasos (venas, arterias y linfáticos) intervienen en la regulación de homeostasis del MI. Hay tres estudiantes (con respuesta insuficiente) que no consideran a los vasos linfáticos, habiéndose enseñado que son estructuras fundamentales para regular la presión coloidosmótica ejercida por las proteínas y moléculas de gran tamaño de lípidos, las cuales deben ser transportadas por el conducto linfático derecho y el conducto torácico para luego ingresar al corazón y desde allí son distribuidas estas biomoléculas a todas las células del organismo.

La situación problema sobre el niño deshidratado facilitó que el 89% de los y las estudiantes pudiera aplicar los conocimientos para su enseñanza como futuros profesores de Biología en el aula. Pudieron definir individualmente qué es un estado de deshidratación y, a partir de la tarea grupal con sus pares y los aportes del docente, pudieron interpretar la importancia de cómo ciertas situaciones de alarma de la homeostasis del MI pueden solucionarse. Este tipo de tarea empodera al estudiantado como futuro profesor en su papel de promotor del buen estado de salud al enseñar la importancia del agua y las sales en el tratamiento deshidratación mediante su reposición.

**Tabla 3**

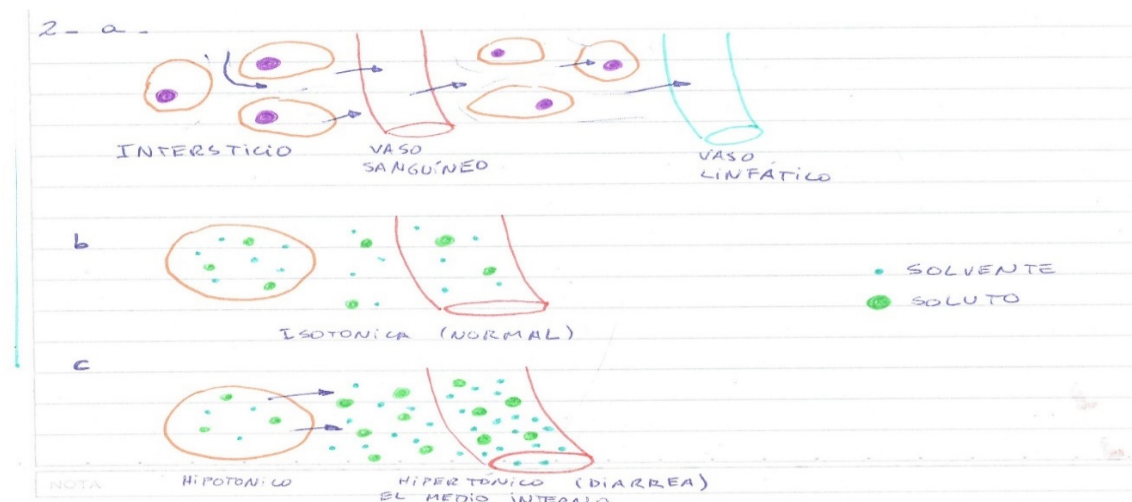
Análisis de caso problema sobre deshidratación infantil y estado del medio interno (MI) (Año 2018)

Aspecto evaluado	Estructura	Componentes	Identifica deshidratación	Clasifica estado MI	Interpreta el caso	Analiza que afecta interior celular
Adecuado	6	9	8	4	5	5
Insuficiente	3	-	-	-	-	-
Erróneo	-	-	1	5	4	4
Totales	9	9	9	9	9	9

Se puede observar, en la Figura 1, la respuesta brindada por una estudiante indicando, a partir de la representación de esquemas (1a, 1b y 1c), el proceso de autoaprendizaje llevado a cabo.

**Figura 1**

Esquemas en proceso sobre estructura y componentes del medio interno que permiten clasificar la osmolaridad en estado isotónico, hipotónico e hipertónico.

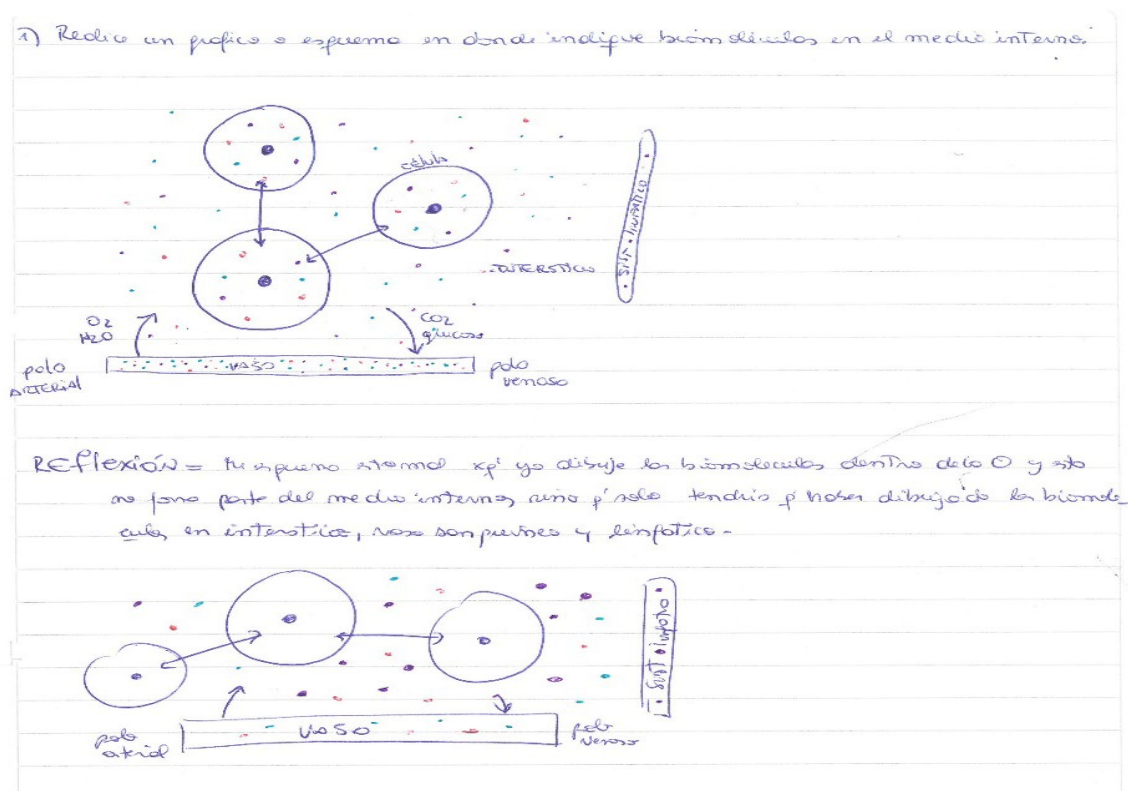


El esquema ubica las moléculas en el MI y la clasificación del estado en que se encuentra la osmolaridad (isotónico, hipotónico e hipertónico). La estudiante concluye su trabajo con una explicación científica respecto al esquema que realizó: "debido al pasaje del agua al medio interno, las células empiezan a sufrir un proceso de deshidratación, por lo tanto el intersticio como los vasos van a estar comprometidos, por el pasaje de agua hacia estos" (Bahamonde y Gómez Galindo, 2016). Esta reflexión se puede interpretar viendo el esquema 2c, donde la estudiante muestra la salida de agua y iones de la célula, primero al intersticio y posteriormente al vaso sanguíneo, quedando el MI hipertónico.

A partir del empleo del caso problema del niño deshidratado, se observó que cuatro de los nueve estudiantes emplean conocimientos de Química. En la Figura 2, se muestra, en el caso problema planteado, la tarea desarrollada por un estudiante en su proceso de autoaprendizaje regulado, relacionando saberes brindados.

## Figura 2

Esquema elaborado por un estudiante ubicando moléculas en el medio interno y su aprendizaje autorregulado a partir del error conceptual



Se observa en el esquema, que el estudiante visibiliza cómo desarrolla su pensamiento científico cuando reflexiona sobre su error.

Uno de los valores de este análisis es que cinco de nueve estudiantes lograron interpretar significativamente el proceso de osmolaridad y, por ello, explicaron que, cuando el cuadro clínico de deshidratación no fue tratado, el medio interno se encuentra en estado de hiperosmolaridad y el medio intracelular entra en un estado de hipotonía con pérdida de conocimiento del niño. Ese aprendizaje es de fundamental importancia para transmitir en el aula. Por otro lado, se observa, en el esquema, que el estudiante visibiliza cómo desarrolla su pensamiento científico cuando reflexiona sobre su error

### ***Año 2019: construcción de aprendizaje autorregulado y metacognición***

En el año 2019, además de solicitar a los y las estudiantes como parte de la evaluación la construcción del cuadro, se complejizó la situación problema presentada porque exigía al estudiante un rol activo y crítico. A diferencia del año 2018, con el caso problema nos propusimos avanzar a una etapa de mayor complejidad para investigar el proceso metacognitivo de reflexión que siguen los y las estudiantes cuando se lo expone ante una situación o problema real en el cual debe analizar cómo el anciano afectado puede volver al estado de homeostasis del medio interno a partir de introducción en el medio interno de agua y biomoléculas como la glucosa (Prieto et al., 2002). Se evaluaron 17 protocolos.

Se observa, en la Tabla 4, las tres variables que se evaluaron en los estudiantes. Primero las ideas previas sobre MI que trae el y la estudiante, segundo cómo ubica el agua y la glucosa que se le administra al anciano en el MI mediante la colocación de un suero intravenoso y, por último, la reflexión que realiza sobre su autoaprendizaje a partir de modelos propuestos por el docente. En el 76 % del estudiantado, los preconceptos o ideas previas son erróneas porque confunden MI con medio intracelular. También se observa que el 76 % logra construir adecuadamente el concepto esperado respecto a que, al introducir por suero agua y biomoléculas, puedan identificar que primero pasan al MI y, posteriormente, comienzan a balancear con los componentes que están en el interior de la célula. Los tres estudiantes que tienen respuesta confusa es porque dirigen la respuesta más a su interés de cómo se logra el equilibrio con el medio intracelular y, por ello, no definen con especificidad las biomoléculas en el MI. El 88% de los y las estudiantes logra reflexionar sobre sus respuestas demostrando un pensamiento crítico adecuado y algunos superadores a lo esperado por su mirada holística.

**Tabla 4**

Las situaciones problemas como modelos didácticos para evaluar en proceso conocimientos previos y adquiridos sobre medio interno (MI)

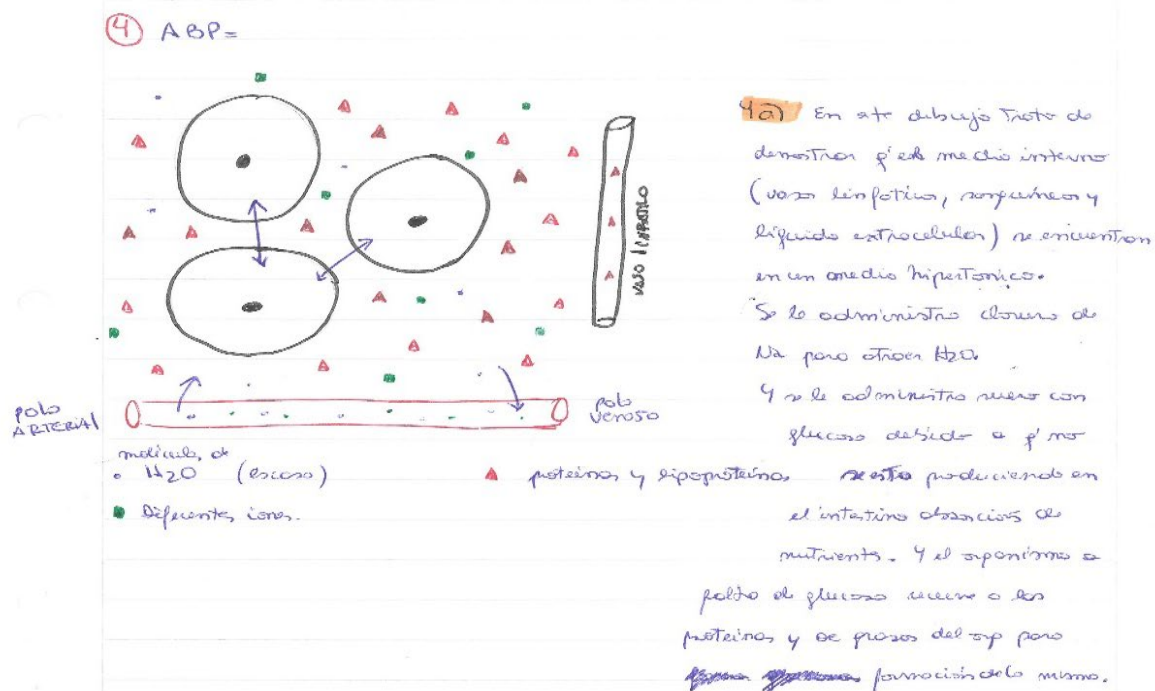
Aspecto evaluado	Adecuado	Confuso	Erróneo	subtotal
Preconceptos sobre MI al inicio	3	1	13	17
Ubicación pos instrucción de las biomoléculas que se incorporan con el suero	13	3	1	17
Reflexión final del estudiante				

acerca del proceso de aprendizaje	15	1	1	17
-----------------------------------	----	---	---	----

Se observa como ejemplo, en la Figura 3, el proceso de autoaprendizaje realizado por la estudiante en la instancia de evaluación personal, posterior al trabajo con su grupo de pares sobre el error de donde se ubican las moléculas en el MI. La estudiante inicia su proceso reflexivo indicando los componentes del MI y clasificando al estado de hiperosmolaridad, evidenciando aprendizaje relevante indicando cómo se regula el MI al introducir agua, glucosa,  $\text{Na}^{++}$  y  $\text{Cl}^-$ .

### Figura 3

Esquema elaborado por un estudiante iniciando con los esquemas mentales que tiene y posteriormente cuando se introduce agua y glucosa el medio interno.



### Discusión

Distintos antecedentes epistémicos sobre modelos para la enseñanza y el aprendizaje nos llevaron a su empleo para investigar si se cumplen objetivos específicos propuestos en la asignatura Cuerpo Humano II del Profesorado en Ciencias Biológicas (Banet y Nuñez, 1988; Bahamonde y Gómez Galindo, 2016; Oliva, 2019; Arrese et al., 2020).

Uno de los objetivos propuestos fue investigar si los y las estudiantes construye aprendizajes de que el sistema digestivo regula la homeostasis del MI empleando la autorreflexión del error, la metacognición social entre estudiantes y el diálogo con los docentes (Anijovich y Cappelletti, 2017; Pérez y González Galli, 2020).

Se demostró que el estudiantado evidencia ideas previas erróneas que trae sobre sistema digestivo y medio interno, y que consigue modificar a partir de un aprendizaje relevante y

autónomo. Este cambio lo consiguen a partir del empleo de diferentes modelos didácticos analógicos como cuadros, esquemas y casos problemas que le generan obstáculos epistémicos para lograr aprendizajes en ciencias (Pérez y González Galli, 2020). Los resultados ponen en valor la importancia de la comunicación en el aula de la historia escolar de los y las estudiantes porque está relacionada con el conocimiento de las ideas previas de las y los estudiantes, la cual mayormente proceden de conocimientos memorísticos y empleo de escasos recursos didácticos analógicos. Esto dificultaría un aprendizaje significativo si nos los considera (Olivares y Morales, 2013).

Como parte del proyecto, la investigación permitió determinar durante los tres años consecutivos que entre el 66 y 91% de los y las estudiantes alcanza aprendizajes significativos y relevantes para la vida sobre las estructuras y función en el TD, y que las mismas intervienen en la regulación de la homeostasis del MI. Estos resultados son superiores a trabajos realizados con estudiantes de diferentes niveles educativos y docentes en ciencias (Banet y Nuñez, 1988; Bahamonde y Gómez Galindo, 2016). El rol del docente fue guiar, al igual que en otras investigaciones realizadas a nivel secundario (Crujeiras Perez y Jimenez Aleixander, 2018; Daura, 2017).

El otro objetivo fue determinar cuál fue el proceso de autoaprendizaje del estudiantado a partir del empleo de modelos didácticos analógicos como son los casos problema. Los casos problema involucran el equilibrio de iones y biomoléculas en el MI de modelos vivos (Oliva, 2019). Se demostró que el 76 % de los y las estudiantes tenía errores conceptuales previos respecto a la diferencia entre MI y medio intracelular. Para modificar los conceptos erróneos, se les solicitó construir esquemas, obteniendo, en el 64 % de los y las estudiantes, que dibujaran las biomoléculas y el agua en el espacio extracelular o MI y, posteriormente con la presentación de la situación problema del niño deshidratado, los conocimientos adecuados se incrementaron al 88 % de los estudiantes (Kolb y Kolb, 2001). Se encontró que el 81 % reflexiona positivamente acerca del proceso de autorregulación de aprendizajes que sigue para mejorar su competencia en el manejo de conocimientos sobre la incorporación del agua y biomoléculas al MI con aplicación a la salud humana (Aliberas et al., 2017). Estos resultados indican que las situaciones de enseñanza planteadas y el aprendizaje logrado generaron que el estudiantado articulara lo cognitivo, con lo metacognitivo poniendo en evidencia que una evaluación formativa en proceso genera aprendizajes significativos para la vida. Esto las diferencia del aprendizaje memorístico, como generalmente está descripto, que traen los y las estudiantes de su historia académica previa como los describen distintos autores (García-Prieto et al., 2019; Pérez y González Galli, 2020; Kolb y Kolb, 2001; Banet y Nuñez, 1988). Consideramos que el empleo de estrategias metacognitivas favoreció la autovaloración del estudiante a partir de la motivación intrínseca y el desarrollo del pensamiento crítico que les generó la tarea (Ventura et al., 2017; Vergara-Morales et al., 2019).

Otro aspecto que planteamos en el proyecto que desarrollamos y en este artículo es que se pudo visibilizar que hay una evolución favorable de construir aprendizajes autorregulados en ciencias, debido a que los estudiantes recurren a la integración de saberes empleando las diversas disciplinas que componen las Ciencias Naturales (Crujeiras Perez y Jimenez Aleixander, 2018). Desde

la didáctica de la disciplina, la estrategia pedagógica de emplear modelos analógicos en proceso facilitó la autorregulación de aprendizajes en ciencias facilitando que el estudiantado adquiera capacidades o competencias (Ventura, Cattoni, Borgobello, 2017; Oliva, 2019; Arrese, 2020). Se ha determinado que la implementación de adecuadas estrategias para el aprendizaje está directamente relacionado con los logros académicos de los y las estudiantes (Roys Rubio y Pérez García, 2018; Vergara-Morales et al., 2019). Este proceso metacognitivo es importante porque la reflexión permite al estudiantado analizar y construir su propio aprendizaje sobre los modelos adecuados construidos (Ventura et al., 2017; Zohar, 2006; Seel, 2017).

En 2019, el equipo docente de la asignatura propuso a los y las estudiantes profundizar la construcción de aprendizajes en ciencias de nivel superior con una participación más activa y autónoma, a diferencia de lo solicitado en años anteriores. Se propone el caso problema del anciano con deshidratación y tratamiento con fluidos vía intravenosa como obstáculo epistemológico (Gonzalez Galli, 2018), exigiendo al estudiante un mayor nivel de compromiso metacognitivo por la complejidad del caso problema (Treagust y Harrison, 2000). El estudiantado debió construir un modelo activo a partir de ideas previas, idealizar y efectuar analogías con situaciones problemas reales mostrando su pensamiento crítico mediante esquemas para obtener su aprendizaje adecuado (Oliva, 2019; Seel, 2017; Ventura et al., 2017). Creemos que este enfoque de enseñanza en ciencias pone al estudiante la posibilidad del empleo del conocimiento frente de su objeto de estudio, pero, lo más importante, la posibilidad de regular este conocimiento. Esto, en definitiva, genera un modelo de estudiantado universitario crítico y autónomo (Pérez y González Galli, 2020; Arrese et al., 2020).

Los resultados encontrados se diferencian de lo obtenido con alumnos de 12 y 13 años en escuelas de Buenos Aires, en donde se determinó que el 81 % de las actividades que desarrollaban los docentes promueven capacidades de pensamiento de orden inferior (Furman, 2018). Se ha atribuido que los resultados académicos están directamente relacionados con un estilo motivacional del docente, el cual debe promover autonomía y generar motivación intrínseca en el y la estudiante (León et al., 2015). El desarrollo de capacidades no solamente engloba los componentes cognitivos y metacognitivos del conocimiento intrínseco del aprendizaje, sino que consideramos de importancia los componentes afectivos y sociales logrados a través de la relación y contrato pedagógico docente-estudiante, estudiante-estudiante (Olivares et al., 2019; Roys Rubio y Pérez García, 2018; Vergara-Morales et al., 2019; Pérez y González Galli, 2020). En la evaluación formativa, el rol del docente es acompañar y enseñar al estudiante a pensar para desarrollar el pensamiento crítico, favoreciendo la ejercitación y la escucha de los nuevos modelos que proponen, siguiendo el modelo constructivista (Ventura et al., 2017; Daura, 2017; Zohar, 2006). El empleo de modelos pone de manifiesto la estructura interna del estudiante cuando puede transferir los saberes a la nueva situación planteada para cotejarlo con la estructura externa o conocimientos brindados por los y las docentes (González González, 2005). Para el equipo docente, se plantea la incógnita si la falta de destrezas previas en el empleo de modelos se debía a que no era habitual su empleo en la enseñanza universitaria recibida por estos estudiantes. Esto lleva a considerar que

aún perduran en el estudiantado reflejos de un modelo histórico de enseñanza que prioriza lo cognitivo, a diferencia de la asignatura Cuerpo Humano II, que tiene como modelo a la enseñanza aprendizaje experiencial de la Anatomía y Fisiología humana en estado de homeostasis (Kolb y Kolb, 2001).

Consideramos que la fortaleza de esta investigación es el ejercicio de formación para acercar la teoría a la práctica disciplinar en representaciones personales a partir de la modelización en la enseñanza y aprendizaje (Oliva, 2019). Aunque no fue objeto de estudio en esta investigación, consideramos, al igual que otros autores (Vergara-Morales et al., 2019; León et al., 2015), que el ambiente académico y estrategias con estudiantes para obtener aprendizajes generaron el buen desempeño académico y una mirada que favoreció el conocimiento de las ciencias (Arrese et al., 2020). También contribuyó al aprendizaje del estudiante, el ejercicio continuo de comunicación entre pares, generando un aprendizaje colaborativo y de metacognición social (Oliva, 2019; Gentiletti, 2012; Pérez y González Galli, 2020). Consideramos que estos logros pueden tener aplicación a la enseñanza en el aula como futuros profesores (Arrese et al., 2020).

### **A modo de cierre**

Se pudo responder a los objetivos planteados en la investigación realizada durante tres años demostrando que los y las estudiantes obtienen muy buena repuesta en la construcción de aprendizajes autorregulados y mediante el trabajo con sus pares empleando modelos analógicos.

Los conflictos epistémicos planteados en las situaciones problemas permitieron visualizar los aprendizajes de nivel superior obtenidos por los y las estudiantes.

Acordamos con otros autores en que el empleo de modelos analógicos acompañado de una enseñanza dialógica en ciencias que parte de ideas previas del estudiantado, con estimulación a la motivación intrínseca, favorece la evaluación formativa en asignaturas relacionadas con la salud humana en ámbitos universitarios.

Consideramos que este trabajo aporta a la formación pedagógica de estudiantes en ciencias, debido a que no se encuentran muchos antecedentes respecto a un análisis pedagógico crítico empleando modelos analógicos en seres vivos.

El y la estudiante universitario construye conocimientos interdisciplinarios referidos a que el sistema digestivo contribuye a la homeostasis del medio interno, mediante su interés, compromiso personal y el acompañamiento de sus pares y docentes.

### **Conflicto de interés**

Investigación pedagógica descriptiva y crítica que se inicia en el año 2017, hasta el año 2019, en el marco del Proyecto de Investigación PB25 de la Secretaría de Postgrado de Investigación y Extensión de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNLPam, denominada "Investigación acción acerca de una propuesta de articulación Universidad-Nivel Secundario para la formación interdisciplinaria de Profesores en Ciencias".





**Noche pampeana**, fotografía. **Andrea Talone**

## Bibliografía

- Adúriz-Bravo, A e Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4(3), 40-49. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30151-9](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30151-9)
- Aliberas, J., Gutiérrez, R. e Izquierdo, M. (2017). Introducción a un método para la conducción y análisis de diálogos didácticos basado en la evaluación de modelos mentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(2), 7-28. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2028>
- Anijovich, R y Cappelletti, G. (2017). La evaluación como oportunidad. Editorial Paidós.
- Arrese, F. G., Olivares, J. L., Villarreal, M., Vincet, G. y Alfageme, V. (2020). Modelo didáctico analógico como mediador de enseñanza y aprendizaje universitario del Sistema Cardiovascular. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 3601. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2020.v17.i3.3601](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3601)
- Bahamonde, N. y Gómez Galindo, A. A. (2016). Caracterización de modelos de digestión humana a partir de sus representaciones y análisis de su evolución en un grupo de docentes y auxiliares académicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(1), 129-147. <https://ensciencias.uab.es/article/view/v34-n1-bahamonde-gomez>

- Banet, E. y Núñez, F. (1988). Ideas de los alumnos sobre la digestión: aspectos anatómicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 30-37.
- Barak, M. y Hussein-Farraj, R. (2013). Integrating model-based learning and animations for enhancing students' understanding of proteins structure and function. *Research in Science Education*, 43(2), 619-636. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9280-7>
- Crujeiras Pérez, B. y Jiménez Aleixandre, M. P. (2018). Influencia de distintas estrategias de andamiaje para promover la participación del alumnado de secundaria en las prácticas científicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(2), 23-42. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2241>
- Daura, F. T. (2017). Aprendizaje autorregulado e intervenciones docentes en la universidad. *Educación: revista de la Universidad de Costa Rica*, 41(2). <https://doi.org/10.15517/revedu.v41i2.21396>
- Furman, M. G., Poenitz, M. V. y Podestá, M. E. (2012). La evaluación en la formación de los profesores de ciencias. *Praxis & Saber*, 3(6), 165-189. <https://doi.org/10.19053/22160159.2008>
- Furman, M. G., Luzuriaga, M., Taylor, I., Anauati, M. V. y Podestá, M. E. (2018). Abriendo la «caja negra» del aula de ciencias: un estudio sobre la relación entre las prácticas de enseñanza sobre el cuerpo humano y las capacidades de pensamiento que se promueven en los alumnos de séptimo grado. *Enseñanza de las ciencias*, 36(2), 81-103. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2519>
- Galagovsky, L. R y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-242. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21735>
- García-Prieto, F. J., Pozuelos-Estrada, F. J. y Álvarez Álvarez, C. (2019). La Evaluación de Aprendizajes del Alumnado por parte del Profesorado Universitario Novel. *Formación universitaria*, 12(2), 3-16. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062019000200003>
- Gentiletti, M. G. (2012). Construcción colaborativa de conocimientos integrados. Aportes de la psicología cultural en las prácticas de la enseñanza. *Contenidos y competencias*. Ediciones novedades educativas.
- Gonzalez Galli, L. M. (2018). Explicaciones, concepciones y obstáculos sobre el origen de las especies en estudiantes de Escuela Secundaria de Argentina. *Ciênc. Educ.* 24(3), 741-758. <https://doi.org/10.1590/1516-731320180030013>
- González González, B. M. (2005). El modelo analógico como recurso didáctico en ciencias Experimentales. *Revista Iberoamericana De Educación*, 37(2), 1-16. <https://doi.org/10.35362/rie3722716>
- Harrison, A. G. y Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026. <https://doi.org/10.1080/095006900416884>
- Hernández Pina, F., Sales, P. J., de Fonseca Rosario, L y Cuesta Sáez de Tejada, J. D. (2010). Impacto de un programa de autorregulación del aprendizaje en estudiantes de Grado. *Revista de Educación*, 353, 571-588. <http://hdl.handle.net/1822/11939>.
- Kolb, A. y Kolb D. A. (2001). *Experiential Learning Theory Bibliography 1971-2001*. McBer and Co. <http://trgmcbcr.haygroup.com/Products/learning/bibliography.htm>
- León, J., Núñez, J. y Liew, J. (2015). Self-determination and STEM education: effects of autonomy, motivation, and self-regulated learning on high school math achievement. *Learning and Individual Differences*, 43, 156-163. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.08.017>
- Oliva, J. M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 37(2), 5-24. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2648>

- Olivares, J. L., Arrese, F., Villarreal, M., Di Franco, M. G., Lozano, A., Alfageme, V., Vincet, G. N., Damm, N. y Carassay, M. L. (2019). Análisis de emociones referidas por estudiantes universitarios ante distintas estrategias didácticas utilizadas durante su formación profesional. *Diálogos Pedagógicos*, 4(34), 83-97.
- Olivares, J. L y Morales, T. C. (2013). Partir de historias académicas para comunicar, resignificar y planificar aprendizajes relevantes. *Revista Praxis Educativa*, 17(2), 64-71. Miño y Dávila Editores.
- Pérez, G y González Galli, L. M. (2020). Una posible definición de metacognición para la enseñanza de las ciencias. *Investigações em Ensino de Ciências*, 25(1), 384-404. <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n1p384>
- Prieto, T., Blanco López, A. y Brero Peinado, V. (2002). La progresión en el aprendizaje de dominios específicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 3-14. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21776>
- Roys Rubio, J y Pérez García, A. (2018). Estrategias de aprendizaje significativo en estudiantes de educación superior y su asociación con logros académicos. *Revista Electrónica de Investigación y Docencia (REID)*, 19, 145-166. <https://www.researchgate.net/publication/324159774>
- Seel, N. M. (2017). Model-based learning: A synthesis of theory and research. *Educational Technology Research and Development*, 65(4), 931-966. <http://dx.doi.org/10.1007/s11423-016-9507-9>
- Ventura, A. C., Cattoni, M. S. y Borgobello, A. (2017). Aprendizaje autorregulado en el nivel universitario: Un estudio situado con estudiantes de psicopedagogía de diferentes ciclos académicos. *Revista Electrónica Educare (Educare Electronic Journal)*, n 21(2), 1-20. <http://dx.doi.org/10.15359/ree.21-2.15>
- Vergara-Morales, J., Del Valle, M., Díaz, A., Matos, L. y Pérez, M. V. (2019). Efecto mediador de la motivación autónoma en el aprendizaje. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 21(7), 1-10. <https://doi.org/10.24320/redie.2019.21.e37.2131>
- Zohar, A. (2006). El pensamiento de orden superior en las clases de ciencias: objetivos, medios y resultados de investigación. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 24(2), 157-172. Recuperado de: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/75823> [Consulta: 5-11-2020].